

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. November 2003 (20.11.2003)

PCT

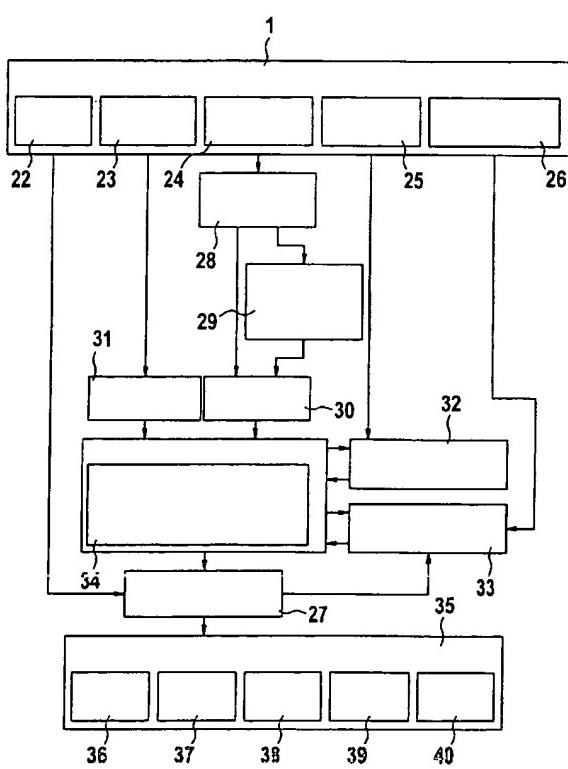
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/096068 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01S 13/93**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE03/01409**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Mai 2003 (02.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
60/378,444 7. Mai 2002 (07.05.2002) US  
102 57 842.7 11. Dezember 2002 (11.12.2002) DE
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE)**
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **SIMON, Stephan [DE/DE]; Pfarrlandstrasse 10, 31079 Sibbesse (DE). IGNACZAK, Brad [US/US]; 1658 Heritage Drive, Canton, MI 48188 (US). LYONS, Robert [US/US]; 9296 Wild Oaks Circle, South Lyon, MI 48178 (US).**
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).**
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A RISK OF AN ACCIDENT BETWEEN A FIRST OBJECT AND AT LEAST ONE SECOND OBJECT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER UNFALLGEFAHR EINES ERSTEN OBJEKTS MIT WENIGSTENS EINEM ZWEITEN OBJEKT



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a risk of an accident between a first object and at least one second object, according to which a probability of collision and a probability of danger posed by the at least one second object are determined in a predetermined area around the first object. The probability of collision and the probability of danger are determined according to movements and object classes of the first object and of the at least one second object. The risk of accident is then determined based on the probability of collision and the probability of danger.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr eines ersten Objekts mit wenigstens einem zweiten Objekt vorgeschlagen, wobei eine Kollisions- und eine Gefährdungswahrscheinlichkeit des wenigstens einen zweiten Objekts in einem vorgegebenen Gebiet um das erste Objekt bestimmt werden, wobei die Kollisionswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Bewegungen und Objektklassen des ersten und wenigstens einen zweiten Objekts bestimmt werden. Die Unfallgefahr bestimmt sich dann in Abhängigkeit von der Kollisionswahrscheinlichkeit und der Gefährdungswahrscheinlichkeit.

**WO 03/096068 A1**



SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr eines ersten Objekts mit wenigstens einem zweiten Objekt

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr eines ersten Objekts mit wenigstens einem zweiten Objekt nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung einer Unfallsgefahr eines ersten Objekts mit wenigstens einem zweiten Objekt mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs hat den Vorteil, dass nunmehr die Kollisionswahrscheinlichkeit eines eigenen Fahrzeugs mit einem oder mehreren anderen Objekten bestimmbar wird. Diese Kollisionswahrscheinlichkeiten können beispielsweise von einem Steuergerät für Rückhalte- oder andere Sicherheitssysteme ausgewertet und genutzt werden, um bereits vor Eintreten der Kollision Maßnahmen einzuleiten, die die Auswirkungen der Kollision lindern oder diese sogar verhindern.

Das erfindungsgemäße Verfahren bedingt die Detektion von Objekten, und bestimmt den Zustand des eigenen Objekts und der anderen Objekte in der Umgebung, wobei nun insbesondere die Kollisionswahrscheinlichkeit und eine Gefährdungswahrscheinlichkeit zwischen dem eigenen Objekt und den anderen Objekten bestimmt wird. Daraus wird dann eine Unfallgefahr abgeleitet. Unter Gefährdungswahrscheinlichkeit wird hier eine Wahrscheinlichkeit des wenigstens knappen Verfehlens verstanden, das bedeutet, dass

um das eigene Objekt ein Gebiet gezogen wird und die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet wird, dass andere Objekte in diesem Gebiet um das eigene Objekt auftreten können. Die Kollision ist damit selbst auch von der Gefährdungswahrscheinlichkeit erfaßt. Die Kollisionswahrscheinlichkeit bedeutet dagegen, dass es zu einer Überdeckung bzw. einem Zusammenstoss zwischen dem eigenen Objekt und wenigstens einem anderen Objekt kommt. Eine optionale Klassifizierung kann zur Verfeinerung der Genauigkeit der Kollisionsvorhersage verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren empfängt von anderen Funktionen, beispielsweise einem Kalman-Filter, die im Objekt ablaufen, den aktuellen Status des eigenen Objekts und den Status der anderen Objekte in Echtzeit. Von einer optionalen Klassifizierungsfunktion erhält das erfindungsgemäße Verfahren die Objekttypen, beispielsweise Fußgänger, Fahrradfahrer, kleines Kraftfahrzeug, mittleres Kraftfahrzeug, großes Kraftfahrzeug oder Lastwagen, um mit diesen Informationen und einem vorgegebenen dynamischen Fahrzeugmodell - und zwar jedes für eine bestimmte Fahrzeugklasse und gegebenenfalls in Abhängigkeit von einem Fahrerverhaltensmodell - die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Gefährdungswahrscheinlichkeit zu bestimmen. Dabei wird jedem Objekt ein solches dynamisches Modell zugeordnet, um das zukünftige Verhalten des Objekts unter Berücksichtigung der aktuellen Parameter wie Geschwindigkeit und Beschleunigung optimal abschätzen zu können. Zusätzlich kann hier ein Verhaltensmodell für den Fahrer beziehungsweise den Fußgänger zum Tragen kommen. Dieses Modell gibt dann jeweils an, wie wahrscheinlich Verhaltensweisen unter den gegebenen Randbedingungen sind. Auch das Einbeziehen dieses Modells verbessert die Vorhersage der zukünftigen Position eines Objekts beziehungsweise Verkehrsteilnehmers.

Ein Kalman-Filter kann für jedes beobachtete Objekt erzeugt werden. Im Kalman-Filter sind die Bewegungsmöglichkeiten des Objekts modellhaft unterlegt. Der Kalman-Filter erlaubt es, die neuen Beobachtungen, die im allgemeinen fehlerbehaftet sind, und das Modellwissen in optimaler Weise zu verknüpfen.

Diese Information ermöglicht dann eine Bestimmung der Unfallgefahr, um gegebenenfalls eine Aktuatorik bereits vor einer möglichen Kollision auszulösen. Dies kann dann zu einem optimalen Schutz eines Fahrzeuginsassen und/oder weiterer

Fahrzeuginsassen wie Fußgänger führen. Auch Steuerhilfen zur Vermeidung der Kollision können so optimal eingesetzt werden.

Heutige Sicherheitssysteme für Fahrzeuge detektieren Kollisionen, nachdem der Unfall begonnen hat, so dass im allgemeinen keine Möglichkeit für eine Aktion zur Verfügung steht, die die Kollision vermeiden oder lindern könnte. Dies aber könnte wertvolle Zeit für die Fahrzeuginsassen und/oder weitere Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger bedeuten. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht dies und damit auch den entsprechenden Einsatz von Gegenmaßnahmen. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht den Einsatz von Gegenmaßnahmen, die mehr Zeit benötigen als solche, die im Fall einer bereits eingetretenen Kollision verwendet werden können. Beispielsweise kann eine visuelle oder akustische Warnung, ausgehend von dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr, rechtzeitig genug ausgegeben werden, um dem Fahrer genügend Zeit zu einer Reaktion zum Vermeiden der Kollision bereitzustellen. Zusätzlich ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren, dass ein Fahrerverhaltensmodell derart modifiziert werden kann, um bei einer hohen Unfallgefahr entsprechend zu reagieren. Damit ist es möglich, dass das erfindungsgemäße Verfahren sich auf Verhaltensmuster von individuellen Fahrern einstellen kann.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, verschiedene Bewegungsabläufe mit Wahrscheinlichkeiten zu belegen, um dann in Abhängigkeit von der Gefährdungswahrscheinlichkeit Gegenmaßnahmen einzuleiten. Nur wenn die Zusammenfassung von einigen Zuständen zu einer hohen Gefährdungswahrscheinlichkeit führt, kann das Einleiten einer Gegenmaßnahme angezeigt sein. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für den zweidimensionalen Fall, also Bewegungen beispielsweise im Straßenverkehr oder auf See, geeignet. Es ist jedoch auch möglich, das erfindungsgemäße Verfahren in einem dreidimensionalen Raum einzusetzen. Damit ist das erfindungsgemäße Verfahren auch für den Flugverkehr und die Bewegung von Robotern oder dem Einsatz beim Unterwasserverkehr verwendbar.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen und Weiterbildungen sind vorteilhafte Verbesserungen des im unabhängigen Patentanspruch angegebenen Verfahrens zur Bestimmung einer Unfallgefahr eines ersten Objekts mit wenigstens einem zweiten Objekt möglich.

Besonders vorteilhaft ist, dass die Bewegung und die Objektklasse des wenigstens einen zweiten Objekts durch eine Sensorik bestimmt wird und die Bewegung und die Objektklasse des ersten Objekts aus wenigstens einer Datenquelle abgerufen wird. Dies bedeutet, dass die das erste Objekt, beispielsweise ein Fahrzeug, umgebenden anderen Objekte, also Fußgänger, Radfahrer und andere Fahrzeuge, durch Sensorik wie eine Precrash-Sensorik erfasst werden, um sie zu klassifizieren und Bewegungsparametern zuzuordnen. Die eigenen Werte werden aus internen Datenquellen abgerufen, das ist also der Fahrzeugtyp, die aktuelle Geschwindigkeit, die Richtung und auch ein Fahrerverhaltensmodell. Solche Quellen sind also interne Sensoren und Speicher.

Weiterhin ist es von Vorteil, dass die Bewegung des ersten Objekts durch wenigstens seine aktuelle Position und seine Geschwindigkeit definiert wird. Damit ist ein Geschwindigkeitsvektor gegeben, der die Beziehung zu den anderen Objekten festlegt. Die Bewegung der anderen Objekte wird wenigstens durch deren aktuelle Position definiert. Handelt es sich also um stillstehende Objekte, ist die Bestimmung von deren Geschwindigkeit nicht notwendig, sondern nur von deren Position, um die Kollisions- bzw. Gefährdungswahrscheinlichkeit zu bestimmen. Als weitere Parameter zur Definition der Bewegung können für das erste Objekt zusätzlich dessen Längs- und/oder Querbeschleunigung und/oder dessen Drehwinkel bzw. davon abgeleitete Größen und/oder dessen Lenkwinkel verwendet werden. Für die anderen Objekte können zusätzlich deren Längs- und/oder Querbeschleunigung und/oder deren Drehwinkel bzw. davon abgeleitete Größen eingesetzt werden. Bei der Bestimmung der Bewegung können Umwelteinflüsse, also Zustand der Straße bzw. vorgegebene Höchstgeschwindigkeiten, und/oder ein jeweiliges Fahrerverhalten durch das entsprechende Modell berücksichtigt werden.

Schließlich ist es auch von Vorteil, dass in Abhängigkeit von der Unfallgefahr eine Anzeige, also eine Warnung an den Fahrer, und/oder eine Nachricht und/oder wenigstens ein Signal an eine Aktuatorik erzeugt werden. In dem erfindungsgemäßen Verfahren kann vorzugsweise ein Steuergerät in einem Fahrzeug bzw. ein Rückhaltesystem eingesetzt werden. Als Objekte kommen Kraftfahrzeuge, Schiffe, Flugkörper und Roboter in Frage.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, Figur 2 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens, Figur 3 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens, Figur 4 ein Diagramm die von verschiedenen Gegenmaßnahmen benötigten Zeiten für deren Aktivierung, Figur 5 ein erstes Modell zur Bestimmung der Gefährdungswahrscheinlichkeit und Figur 6 ein zweites Modell zur Bestimmung der Gefährdungswahrscheinlichkeit.

#### Beschreibung

Bei Kraftfahrzeugen sind bereits Aufprallsensoren weit verbreitet. Zusätzlich werden auch zunehmend Precrash-Sensoren wie Radar oder Ultraschall oder Video eingesetzt, um die Fahrzeugumgebung zu überwachen. In Abhängigkeit von einer solchen Rundumsicht können beispielsweise reversible Rückhaltemittel wie Gurtstraffer bei einer nahenden Gefahr eingesetzt werden. Es ist jedoch eine genauere Analyse der Bewegung der das Fahrzeug umgebenden Objekte notwendig, um geeignete Gegenmaßnahmen möglichst frühzeitig und situationsgerecht einzusetzen.

Erfindungsgemäß wird nun ein Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr vorgeschlagen, das Umgebungsdaten genauer analysiert, um damit Gegenmaßnahmen situationsgerecht einsetzen zu können. Insbesondere wird hier eine Gefährdungswahrscheinlichkeit neben einer Kollisionswahrscheinlichkeit berechnet, die das nächste Umfeld um ein Objekt mit berücksichtigt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht nur auf den Einsatz im Straßenverkehr beschränkt, es kann auch im Luftverkehr, im Schiffsverkehr und beim Einsatz von Robotern und anderen Anwendungen verwendet werden.

Figur 1 zeigt als Blockschaltbild eine erfindungsgemäße Vorrichtung. Eine Umgebungssensorik 1 ist mit einem Prozessor 2 verbunden. Die Sensorik 1 überträgt Messdaten an den Prozessor 2, der diese verarbeitet. Der Prozessor 2 ist zu dieser Verarbeitung über einen Datenein-/ausgang mit einem Speicher 3 verbunden. Über einen ersten Datenausgang ist der Prozessor 2 mit einer Anzeige 4 verbunden. Diese Anzeige 4 dient zur Warnung an einen Fahrer und ist hier vorzugsweise als eine optische Anzeige ausgebildet. Alternativ ist es möglich, dass die Anzeige 4 zusätzlich oder anstatt einen

Lautsprecher aufweist, um den Fahrer auch oder alternativ akustisch zu warnen. Auch eine haptische Warnung durch sich bewegende Elemente ist hier denkbar, um den Fahrer durch Berührung zu warnen.

Über einen zweiten Datenausgang ist der Prozessor 2 mit einem Rückhaltesystem 5 verbunden, das zum Schutz der Insassen bei einem Aufprall verwendet wird. Das Rückhaltesystem 5 umfasst dabei Rückhaltemittel wie einen Gurtstraffer und Airbags, die für verschiedene Körperteile eingesetzt werden. Die Gurtstraffer können pyrotechnisch und/oder reversibel ausgeführt sein, wobei ein reversibler Gurtstraffer meist von einem Elektromotor betrieben wird. Neben normalen Frontairbags können hier Seitenairbags, Kniebags und andere Airbags für spezielle Unfallarten eingesetzt werden.

Der Prozessor 2 verwendet beim Einsatz dieser Rückhaltemittel 5 Daten über eine Innenraumsensierung. Damit wird erreicht, dass bei einem möglicherweise gefährlichen Einsatz der Rückhaltemittel dieser unterdrückt wird, um Verletzungen durch solche Rückhaltemittel zu vermeiden. Dies gilt beispielsweise, wenn die betreffende Person sich zu nah an einem Rückhaltemittel befindet, beispielsweise in der sogenannten Out-of-Position oder wenn es sich um eine Person handelt, die derart leicht ist, dass eine Krafteinwirkung durch einen Airbag zu Verletzungen führen könnte. Als Innenraumsensorik können druckbasierte Systeme wie eine Sitzmatte oder Kraftsensoren oder auch wellenbasierte Innenraumsensoriken wie Ultraschall, Video oder Infrarot oder Hochfrequenz verwendet werden. Über einen dritten Datenausgang ist der Prozessor 2 mit einer aktiven Lenkhilfe 6 verbunden, um bei einer Kollisionsvermeidung den Fahrer zu unterstützen. Es ist möglich, dass der Prozessor nur mit den Rückhaltemitteln 5 und/oder der Anzeige 4 und/oder der Lenkhilfe 6 verbunden ist.

Zu den Rückhaltemitteln 5 werden auch Rückhaltemittel zum Schutz von Fußgängern bzw. Radfahrern gezählt. Dazu zählt das Heben der Motorhaube zum Schutz dieser Personen vor dem Aufprall auf den Motorblock bzw. die Frontscheibe. Auch die Absorptionscharakteristik der Stoßstange kann entsprechend angepasst werden und das Fahrzeug bzw. die Fahrzeugfront kann gehoben oder gesenkt werden, um eine Verbesserung der Crash-Kompatibilität zu erreichen. Auch Außenairbags sind hier zum Schutz von Fußgängern und anderen Verkehrsteilnehmern wie bei einer Fahrzeug-Fahrzeug-Kollision einsetzbar.

Der Prozessor 2 wertet nun die Sensorsignale der Sensorik 1 aus, um sie mit einem Modell, das dynamische Fahrzeugmodell und gegebenenfalls das Fahrermodell, das aus dem Speicher 3 geladen wird, zu verknüpfen. Zur Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit und der Auftrittsgeschwindigkeit sind auch Daten aus Datenquellen im Fahrzeug notwendig, die im Speicher 3 zwischengelagert werden. Dazu zählen der Typ des eigenen Fahrzeugs, die Geschwindigkeit, die Richtung der Geschwindigkeit, Beschleunigung im Fahrzeug und auch Drehbeschleunigung, die sich in Drehwinkeln ausdrückt.

Mit der Kollisions- bzw. Gefährdungswahrscheinlichkeit ist es dem Prozessor 2 möglich, die Unfallgefahr für das aktuelle Szenario in Abhängigkeit von den geladenen Daten zu berechnen. In Abhängigkeit von dieser Unfallgefahr werden entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet. Damit kann dann ein Rückhaltesystem bzw. ein System zum Eingriff ins Fahrverhalten situationsgerecht operieren.

Figur 2 zeigt als ein erstes Flussdiagramm das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr. In Verfahrensschritt 7 wird mittels der Sensorik 1 eine Charakterisierung der Bewegung von Kollisionsobjekten in der Umgebung des Fahrzeugs durchgeführt. Diese Charakterisierung erfolgt anhand folgender Parameter: die aktuelle Position, die Relativgeschwindigkeit zum Beobachtungsobjekt sowie die Längs- und Querbeschleunigung und deren Drehbeschleunigung der jeweiligen Objekte. Darüber hinaus wird eine optionale Klassifizierung durch den Prozessor 2 der einzelnen Kollisionsobjekte durchgeführt. Zu dieser Klassifizierung zählt der Fahrzeugtyp. Dieser Fahrzeugtyp wird mittels der Sensorik 1 ermittelt. Dabei können vorzugsweise Mustererkennungsmittel eingesetzt werden, um die Sensorsignale, beispielsweise Video-, Radar- oder Ultraschallsignale, auszuwerten und Fahrzeugtypen zuzuordnen. Auch die Bewegungsparameter des zu beobachtenden Fahrzeugs werden durch die Sensorik 1 ermittelt. Wie oben dargestellt zählen dazu die Fahrzeugposition, die Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigungen in Längs- und Querrichtung sowie Drehbeschleunigungen, die alle durch solche Rundumsichtsignale ableitbar sind. Alternativ ist es möglich, dass eine Kommunikation zwischen den Fahrzeugen besteht, die einen Austausch solcher Fahrzeugdaten ermöglichen.

In Verfahrensschritt 8 werden im Fahrzeug, in dem das erfindungsgemäße Verfahren abläuft, die Bewegung und Objektklasse durch den Abruf aus einem Speicher,

beispielsweise Speicher 3, vorgenommen. Durch den Tachometer ist die Geschwindigkeit bekannt, durch interne Beschleunigungssensoren können Längs- und Quer- bzw. Winkelbeschleunigungen bestimmt werden, der Lenkwinkel kann mittels eines entsprechenden Sensors ermittelt werden. Die Objektklasse, also der Fahrzeugtyp, kann in einem Speicher abgelegt sein. Alternativ zum Tachometer kann die Geschwindigkeit durch ein satellitengestütztes Ortungssignal wie GPS bestimmt werden, auch Radarsensoren können hier in Kombination mit Trägheitssensoren verwendet werden.

Aus diesen Daten ist es dann möglich, in den Verfahrensschritten 9 und 10 die Kollisionswahrscheinlichkeit bzw. die Gefährdungswahrscheinlichkeit zu bestimmen. Dabei wird ein Dynamikmodell der Fahrzeuge verwendet. Dieses Dynamikmodell ist von der Objektklasse abhängig und kann für jedes Fahrzeug damit von dem Speicher 3 geladen werden. Zusätzlich kann ein Fahrerverhaltensmodell berücksichtigt werden. Dieses Fahrerverhaltensmodell enthält wenigstens ein Modell, das eine Wahrscheinlichkeit zu einer Aktion des Fahrers zuordnet. Im Zusammenhang mit dem Dynamikmodell des Fahrzeugs ermöglicht dies dem erfundungsgemäßen Verfahren, allen möglichen zukünftigen Zuständen des einen Fahrzeugs und der anderen Objekte Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Ein Zustand umfaßt mindestens die Position und weiterhin optional die Geschwindigkeit und Orientierung sowie Beschleunigungen, Drehraten und Drehbeschleunigungen.

Im einfachsten Fall wird lediglich ein Fahrerverhaltensmodell verwendet, das dann gleich für das eigene Fahrzeug und die anderen Objekte ist. Dieses Modell kann für das eigene Fahrzeug durch ein adaptives Modell mittels eines Beobachtungssensors des Fahrers oder durch die Beobachtung seiner Reaktion in kritischen Situationen verbessert werden.

In Verfahrensschritt 11 wird dann mittels der bestimmten Kollisionswahrscheinlichkeit und der Gefährdungswahrscheinlichkeit die Unfallgefahr abgeschätzt. In Abhängigkeit von der Unfallgefahr wird dann in Verfahrensschritt 12 eine Einleitung von Gegenmaßnahmen vorgenommen. Zu diesen Gegenmaßnahmen zählen das Aktivieren von Rückhaltesystemen, die Ausgabe von Warnungen an den Fahrer und die Fahrerunterstützung bei der Vermeidung von Kollisionen.

Figur 3 zeigt in einem Blockdiagramm den Ablauf des erfundungsgemäßen Verfahrens. Die Sensorik 1 weist hier Aufprallsensoren 22, Sensoren zur Erfassung der

Fahrzeugdynamik 23, Umgebungssensoren 24, Umweltsensoren 25 und Fahrerbeobachtungssensoren 26 auf. Es ist möglich, auf die Umweltsensoren 25 und die Fahrerbeobachtungssensoren 26 zu verzichten. Die Aufprallsensoren 22 liefern ein Signal, das in Block 27 zur Bestimmung der Unfallgefahr und der Ansteuerung der Aktuatorik verwendet wird. Die Fahrzeugdynamiksensoren 23 werden zur Verfolgung der Bewegung des eigenen Fahrzeugs in Block 31 verwendet. Diese Daten gehen dann in den Block 34 ein, in dem die Wahrscheinlichkeit für die Kollision und die Gefährdungswahrscheinlichkeit bestimmt werden.

Die Umgebungssensoren 24 liefern ihre Daten an eine Objektdetektion 28. Die Objektdetektion 28 führt die Objektdetektionsdaten in ein Klassifikationsmodul 29 ein, um die umgebenden Objekte zu klassifizieren. Diese Objekte werden dann im nachfolgenden Block 30 durch Daten von der Objektklassifikation und der Objektdetektion verfolgt. Auch diese Verfolgungsdaten des Blocks 30 werden dann im Block 34 zur Bestimmung der Kollisionswahrscheinlichkeit und der Gefährdungswahrscheinlichkeit verwendet. Dabei werden jedoch auch das Fahrzeugdynamikmodell 32 und gegebenenfalls das Fahrerverhaltensmodell 33 berücksichtigt. In das Fahrzeugdynamikmodell 32 gehen Daten der Umweltsensoren 25 ein. Diese Sensoren 25 liefern Daten über die Straße, die Reibung und gegebenenfalls die Temperatur sowie andere Parameter. Damit wird dann das Fahrzeugdynamikmodell 32 adaptiert. In das Fahrerverhaltensmodell 33 gehen Daten des Fahrerbeobachtungssensors 26 ein. Dieser Sensor 26 liefert Daten über die Aufmerksamkeit des Fahrers. Dafür können beispielsweise Sensoren, die den Lidschlag beobachten, eingesetzt werden. Es sind jedoch auch andere Vigilanzsensoren einsetzbar.

Die in Block 34 bestimmten Wahrscheinlichkeiten für die Kollision und den Auftritt werden dem Modul 27 zugeführt, um die Unfallgefahr zu bestimmen. Vom Block 27 werden jedoch auch Daten zum Fahrerverhaltensmodell 33 weitergeführt, um das Fahrerverhaltensmodell in Abhängigkeit von seinen Handlungen zu adaptieren. Das Modul 27 führt dann in Abhängigkeit von der Unfallgefahr eine Ansteuerung der Aktuatorik 35 durch. Dazu zählen ein Rückhaltesystem 36, eine Kollisionsvermeidung 37, beispielsweise durch einen automatischen Lenkeingriff oder eine automatische Bremsung, eine Milderung des Crashes 38 wie beispielsweise eine Adaption der Stoßstange, Heben/Senken der Fahrzeugfront, Fahrzeug-Fahrzeug-Airbags oder einknickbare Vorderräder, um ein Abgleiten der kollidierenden Fahrzeug zu begünstigen,

eine Fußgängerschutzvorrichtung 39, beispielsweise ein Anheben der Motorhaube oder Fußgängerairbags und eine Fahrerwarnung 40, die durch die Anzeige 4 oder einen Lautsprecher realisiert sein kann. Auch eine haptische Ausgabe ist hier möglich.

Figur 4 zeigt in einem Diagramm die von verschiedenen Gegenmaßnahmen benötigten Zeiten für deren Aktivierung sowie beispielhaft die Abhängigkeit der berechneten Wahrscheinlichkeiten von der Zeit bis zur Kollision.

Auf der Ordinate 41 wird die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Gefährdungswahrscheinlichkeit abgetragen, die jeweils maximal den Wert 1 annehmen können. Der Wert 1 bedeutet sicheres Eintreten der Kollision bzw. Gefährdung innerhalb der Vorhersagezeit.

Auf der Abszisse 42 wird die Zeit dargestellt, die vor der Kollision notwendig ist, um eine Gegenmaßnahme einzuleiten. In 43 ist dieser Zeitbedarf qualitativ beschrieben. Einige Maßnahmen können noch nach der Kollision eingeleitet werden, andere Maßnahmen benötigen Millisekunden bis Sekunden vor der Kollision. Unter der Zeitachse sind verschiedene Gegenmaßnahmen gemäß dem jeweiligen Zeitbedarf auf der Zeitachse angeordnet. Die Doppelpfeile zeigen qualitativ Zeitspannen für den Beginn der Aktivierung an. Wenn diese Zeitspanne verstrichen ist, sollte die Gegenmaßnahme nicht mehr aktiviert werden.

Die Kurve 44 zeigt als typisches Beispiel die mit abnehmender Zeit bis zur Kollision ansteigende Kollisionswahrscheinlichkeit und die in gleicher Art ansteigende Kurve 45 für die Gefährdungswahrscheinlichkeit. Diese Verläufe sind typisch, wenn später tatsächlich eine Kollision eintritt.

Die Gefährdungswahrscheinlichkeit ist grundsätzlich größer oder gleich der Kollisionswahrscheinlichkeit, da die Gefährdung, die eine zu nahe Vorbeifahrt bedeutet, den Fall der Kollision einschließt.

Den Kurven 44 und 45 ist jeweils schraffiert hinterlegt die unvermeidbare Unsicherheit über das Ergebnis für die Kollisions- bzw. Gefährdungswahrscheinlichkeit. Diese Unsicherheit wird z.B. durch Messfehler hervorgerufen. Sie nimmt mit fortschreitender Zeit ab, da

die Anzahl der Beobachtungen wächst und die Messfehler bei kleinerem Objektabstand ebenfalls klein werden.

Je früher die Gegenmaßnahme eingeleitet werden muss, umso größer ist zu diesem Zeitpunkt die verbleibende Wahrscheinlichkeit, dass die Kollision nicht eintritt, die Gegenmaßnahme also unnötigerweise eingeleitet wird. Dies kann z.B. daran liegen, dass es noch eine Ausweichmöglichkeit gibt, die ein geübter Fahrer wahrnehmen könnte.

Folglich sollten Gegenmaßnahmen, die eine lange Aktivierungszeit benötigen, im Falle einer Fehlauslösung möglichst keinen oder nur geringen Schaden anrichten.

Die berechneten Werte für die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Gefährdungswahrscheinlichkeit können mit Schwellen verglichen werden. Überschreitet die betrachtete Wahrscheinlichkeit während des durch Doppelpfeil gekennzeichneten Zeitraums die Schwelle, so kann die entsprechende Gegenmaßnahme aktiviert werden. Die Aktivierung findet auch statt, wenn die Schwelle bereits beim Eintreten in diesen Zeitraum überschritten ist. Der Zeitpunkt für die Freigabe der Aktivierung ist durch den ersten Schnittpunkt 47 der Kurve 44 bzw. 45 mit der Kurve 46 gegeben. Die Schwelle 46 muss nicht zwangsläufig konstant sein, zeitlich veränderliche Schwellen sind ebenfalls anwendbar.

Beispiel: Für die Gegenmaßnahme "Warnung des Fahrers" ist die Kurve 46 exemplarisch eingezeichnet, die die Schwelle für die Aktivierung einer Warnung darstellt. (Auf das Einzeichnen weiterer Schwellen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.) Überschreitet die Gefährdungswahrscheinlichkeit während der durch den Doppelpfeil gekennzeichneten Zeitspanne diese Schwelle, so wird eine Warnung ausgegeben. Ist diese Zeitspanne verstrichen, so braucht keine Warnung mehr ausgegeben zu werden, da dem Fahrer nicht mehr ausreichend viel Zeit für eine Reaktion bliebe.

Für Gegenmaßnahmen wie z.B. die Warnung des Fahrers, die ihrerseits im Normalfall keinen Schaden verursachen, kann die Gefährdungswahrscheinlichkeit für den Vergleich mit der Schwelle herangezogen werden, um bereits vor einer drohenden zu nahen Vorbeifahrt zu warnen. Für andere Gegenmaßnahmen ist die Kollisionswahrscheinlichkeit zu bevorzugen. Es existiert kein prinzipieller Unterschied zwischen beiden Wahrscheinlichkeiten; die Kollisionswahrscheinlichkeit stellt lediglich einen Sonderfall der Gefährdungswahrscheinlichkeit dar.

Nahe beim Ursprung des Diagramms ist die Zeit, die notwendig ist, um eine Gegenmaßnahme einzuleiten, sehr gering. Hier kann letztlich als Maßnahme lediglich der Airbagauslösealgorithmus modifiziert werden. Ist die Zeit für die Einleitung der Gegenmaßnahmen etwas größer, dann kann auch der pyrotechnische Gurtstraffer noch verwendet werden. Ist noch mehr Zeit zur Verfügung, kann auch der reversible Gurtstraffer eingesetzt werden. Bei noch mehr Zeit können Maßnahmen zur Erhöhung der Fahrzeugkompatibilität für einen Crash eingeleitet werden. Als nächste Stufe ist es möglich, ein automatisches Bremsen zu aktivieren. Ist noch mehr Zeit zur Verfügung, kann auch eine automatische Lenkung in Betracht gezogen werden. Als niedrigste Maßnahme kann die Reaktion des Fahrers beobachtet werden, um ihm gegebenenfalls akustisch oder optisch Hinweise zu geben.

Figur 5 zeigt schematisch aus der Vogelperspektive, wie die Kollisionswahrscheinlichkeit bestimmt werden kann. Das eigene Objekt 48 wird hier mit dem zweiten Objekt 49 gefaltet, so dass im Koordinatensystem des eigenen Objekts das Gebiet 50 entsteht. Dabei wird das eigene Objekt mit seinem Referenzpunkt + im Ursprung platziert und das zweite Objekt 49 derart um das eigene Objekt 48 mehrfach angeordnet, dass es gerade zu einer Berührung zwischen den Objekten 48 und 49 kommt. Bei der mehrfachen Anordnung 51 beschreibt der Referenzpunkt × des zweiten Objekts eine Kontur, die den Umriss (Rand) des Gebiets 50 darstellt. Dies ist das Gebiet, das für die Kollisionswahrscheinlichkeit berücksichtigt wird. Für dieses Gebiet muss überprüft werden, ob sich zu einem zukünftigen Zeitpunkt der Referenzpunkt × des zweiten Objekts darin befinden wird. Ist dies der Fall, so entspricht dies einer Kollision. Ist dies nicht der Fall, so liegt keine Kollision vor.

Figur 5 stellt eine vereinfachte und daher ungenauere Variante für die Bestimmung des Gebiets dar, da die Objekte hier als kreisförmig angenommen werden, was wiederum zu einem kreisförmigen Gebiet als Ergebnis der Faltung führt. In Figur 6 wird auf diese Vereinfachung verzichtet. Es sind zwei orientierte Objekte dargestellt, das eigene Objekt 52 und das zweite Objekt 53. Die Faltung führt dann zu dem Gebiet 55, das auf der rechten Seite dargestellt ist. Das eigene Objekt 52 wird durch das andere Objekt 54 wiederum unter Berührung umkreist, wobei hier nun die Orientierung zu berücksichtigen ist. Wieder beschreibt dabei der Referenzpunkt × des zweiten Objekts den Umriss (Rand) des Gebiets 55.

Für die Bestimmung des Gebiets, das für die Gefährdungswahrscheinlichkeit berücksichtigt wird, wird zunächst genauso vorgegangen wie in den Figuren 5 und 6 dargestellt. Zusätzlich wird das Gebiet 50 bzw. 55 noch mit einem weiteren kreisförmig um den Ursprung angeordneten Gebiet gefaltet. Dabei ist der Radius dieses Kreises als minimaler Sicherheitsabstand zwischen den Objekten zu interpretieren. Die Reihenfolge der beiden Faltungen ist beliebig, d.h. es kann stattdessen eines der Objekte mit dem kreisförmigen Gebiet und anschließend das Zwischenergebnis mit dem anderen Objekt gefaltet werden, ohne dass sich das Endergebnis verändert.

Die Wahrscheinlichkeiten werden über Berechnungen von Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen und deren Integration bestimmt, wobei für jede Kombination der Aufenthaltsorte der beiden Objekte (wobei ein Aufenthaltsort jeweils durch die Position des Referenzpunktes des Objekts bestimmt ist) anhand des Gebiets 50 bzw. 55 bestimmt wird, ob eine Kollision bzw. Gefährdung vorliegt oder nicht.

Für die Aufenthaltsorte wird eine Quantisierung verwendet, wobei die Abtastung für kurze Vorhersagezeiten dicht ist und für längere Vorhersagezeiten eine größere Beabstandung aufweist.

Der Ruhezustandskurs ist der Kurs, den das Fahrzeug nimmt, wenn keine Aktion des Fahrers vorgenommen wird, um die Fahrzeugparameter, das ist die Geschwindigkeit und der Beschleunigungsvektor, zu verändern. Damit wird dieser Kurs weiterverfolgt, wenn keine Änderungen in der Lenkung bzw. der Bremsung bzw. der Beschleunigung durch den Fahrer vorgenommen wird. Dies tritt typischerweise dann auf, wenn der Fahrer die bedrohende Situation noch nicht erkannt hat oder sie falsch einschätzt. Die Wahrscheinlichkeit des Ruhekurses, die durch das Fahrerverhaltensmodell bereitgestellt wird, ist im allgemeinen deutlich größer als die Wahrscheinlichkeiten von anderen möglichen Kursen. Daher ist es empfehlenswert, diesen Ruhekurs getrennt zu modellieren und zwar mit einer hohen Präzision, um dann die verbleibende Wahrscheinlichkeit über alle anderen Kurse, die ein Fahrer einnehmen kann, zu verteilen. Diese anderen Kurse werden durch Bremsen, Lenken oder Beschleunigen verursacht. Das erfundungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Unfallgefahr, wobei die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Gefährdungswahrscheinlichkeit bestimmt werden, hängen von drei Input-Parametern ab: 1. Der Anfangszustand des ersten und der weiteren Objekte, die durch Echtzeitsensorinformationen bereitgestellt werden. 2. Ein

Fahrzeugdynamikmodell wird zur Vorhersage von zukünftigen Positionen des eigenen Fahrzeugs und der anderen Objekte verwendet, wobei die Echtzeitsensorinformationen berücksichtigt werden. 3. Ein Fahrerverhaltensmodell wird verwendet, um Wahrscheinlichkeiten möglichen zukünftigen Positionen des eigenen Fahrzeugs und der anderen Objekte zuzuordnen.

Die Qualität des erfindungsgemäßen Verfahrens kann durch die Verbesserung dieser Eingabeparameter erhöht werden. Beispielsweise erhöht die Verwendung der Objektklasse als ein Input-Parameter die Genauigkeit der Kollisions- und Gefährdungswahrscheinlichkeit. Physikalische Grenzen der einzelnen Objekte reduzieren nämlich die Anzahl der möglichen zukünftigen Positionen des jeweiligen Objekts.

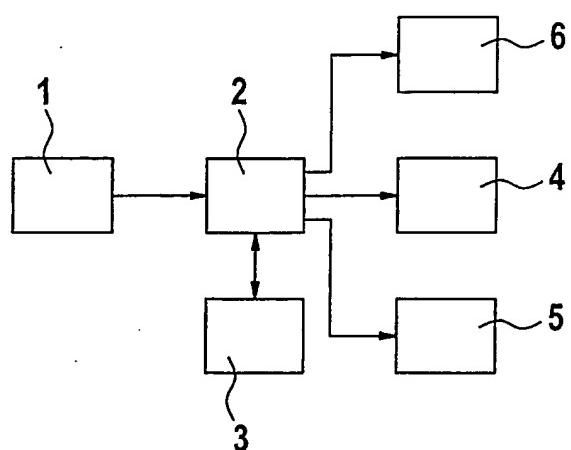
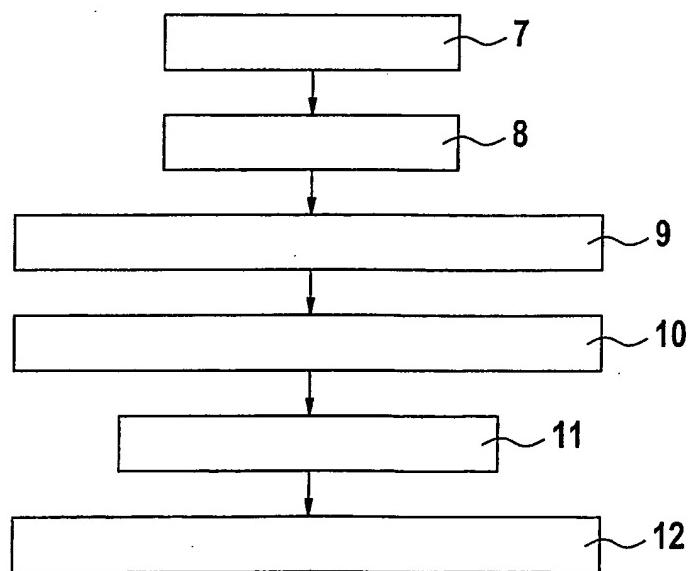
Anstatt Fahrzeugdynamikmodelle zu betrachten, ist es möglich auch allgemeine Dynamikmodelle zu wählen, die auch den Fußgänger mit einbeziehen. Dies betrifft auch den Begriff des Fahrerverhaltensmodell, der auf das allgemeine Verhaltensmodell erweitert werden kann und auch den Fußgänger berücksichtigt.

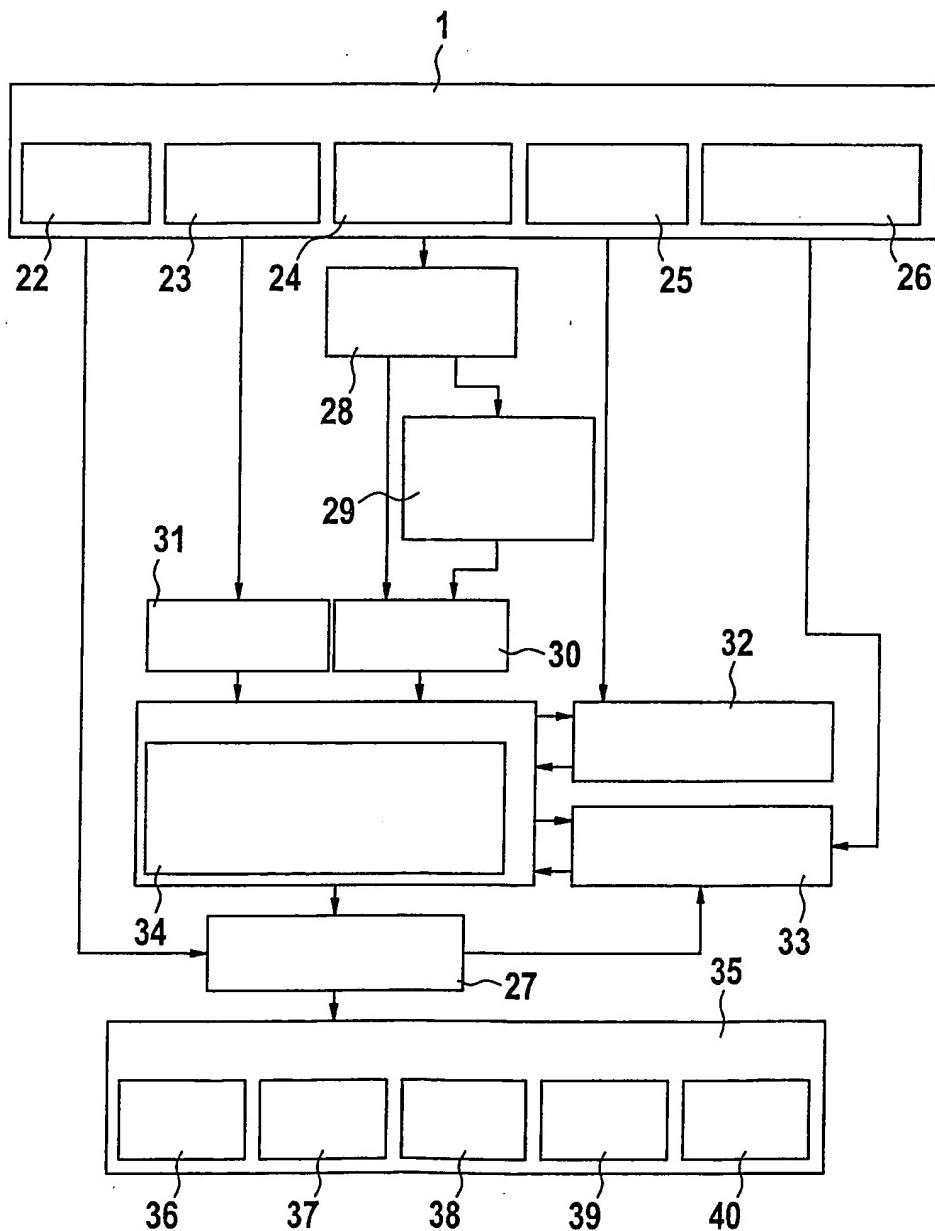
**Ansprüche**

1. Verfahren zur Bestimmung einer Unfallgefahr eines ersten Objekts (48, 52) mit wenigstens einem zweiten Objekt (49; 53), wobei die Unfallgefahr in Abhängigkeit von einer Kollisionswahrscheinlichkeit und einer Gefährdungswahrscheinlichkeit des wenigstens einen zweiten Objekts (49, 53) in einem vorgegebenen Gebiet (50, 55) bestimmt wird, wobei die Kollisionswahrscheinlichkeit und die Gefährdungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Bewegungen des ersten und wenigstens einen zweiten Objekts bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der Kollisionswahrscheinlichkeit und der Gefährdungswahrscheinlichkeit eine Objektklasse des ersten und wenigstens zweiten Objekts berücksichtigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung und die Objektklasse des wenigstens einen zweiten Objekts durch eine Sensorik (1) bestimmt wird und die Bewegung und die Objektklasse des ersten Objekts (48, 52) aus wenigstens einer Datenquelle abgerufen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des ersten Objekts (48, 52) durch wenigstens eine aktuelle Position und seine Geschwindigkeit definiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des wenigstens einen zweiten Objekts (49, 53) durch wenigstens eine aktuelle Position definiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des ersten Objekts zusätzlich durch seine erste Längs- und/oder Querbeschleunigung und/oder einen ersten Drehwinkel und/oder einen Lenkwinkel bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des wenigstens einen zweiten Objekts zusätzlich durch seine Relativgeschwindigkeit zum ersten Objekt und/oder eine zweite Längsbeschleunigung und/oder eine zweite Querbeschleunigung und/oder einen zweiten Drehwinkel bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der jeweiligen Bewegung Umwelteinflüsse und/oder ein jeweiliges Fahrverhalten berücksichtigt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von der Unfallgefahr eine Anzeige (4) und/oder wenigstens ein Signal an eine Aktuatorik (35) erzeugt werden.
10. Verwendung eines Steuergeräts in einem Fahrzeug als Objekt in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Verwendung eines Rückhaltesystems (5) in einem Fahrzeug als Objekt in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

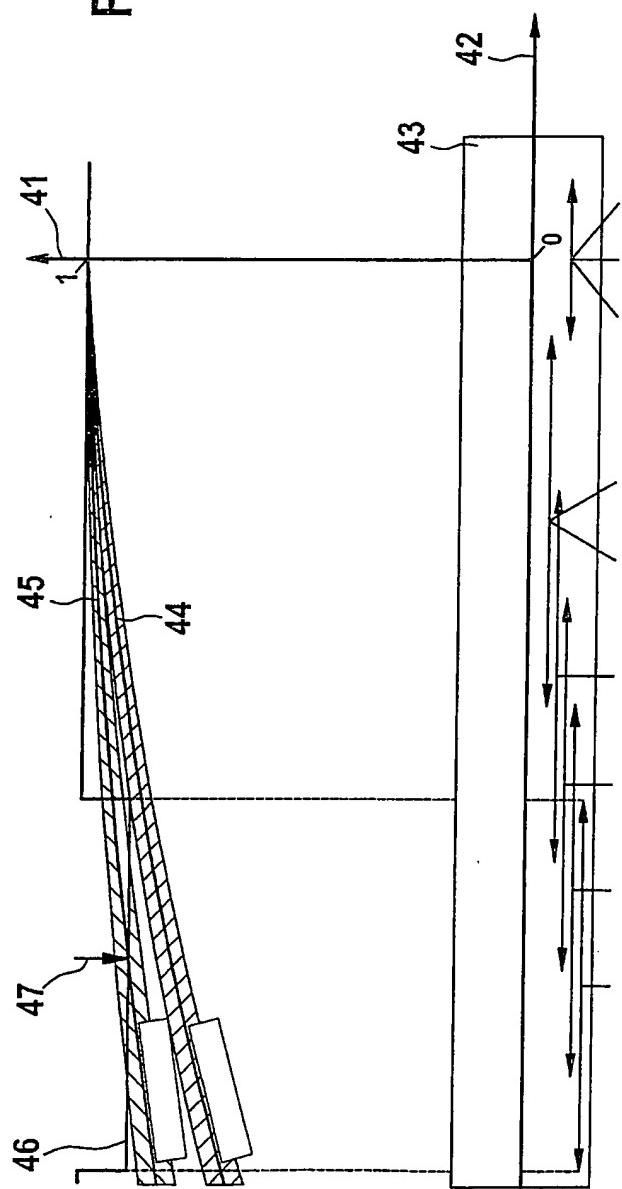
1 / 4

**Fig. 1****Fig. 2**

**Fig. 3**

3 / 4

Fig. 4



4 / 4

Fig. 5

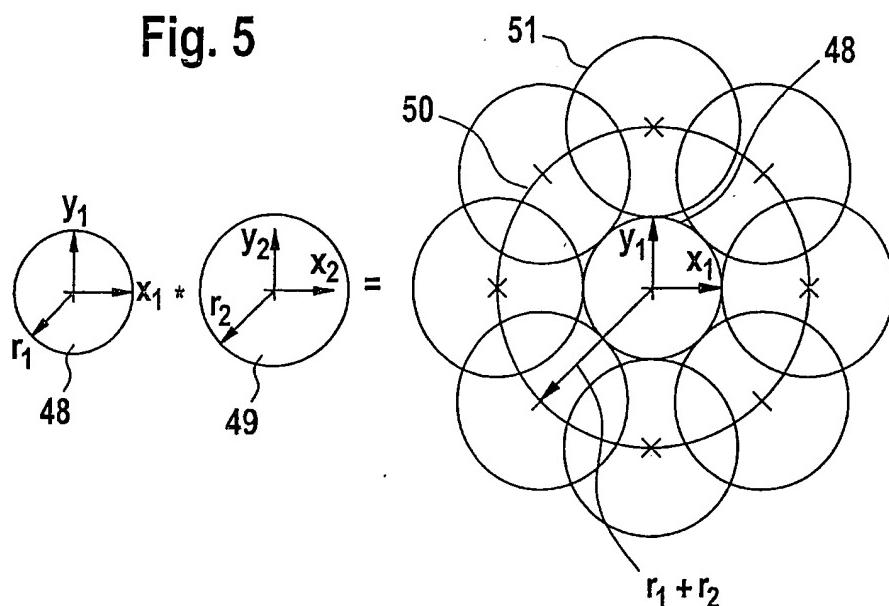


Fig. 6

